(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114222929 A
(43)申请公布日 2022.03.22

(21)申请号 202080059006.X

(22)申请日 2020.08.21

(30)优先权数据
16/547522 2019.08.21 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.02.21

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/047530 2020.08.21

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/035192 EN 2021.02.25

(71)申请人 硅光芯片技术公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 冯大增 M•阿斯哈里 B•J•拉夫

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 申屠伟进 陈岚

(51)Int.Cl.
G01S 17/58(2006.01)
G01S 17/34(2020.01)
G01S 7/4913(2020.01)
G01S 17/42(2006.01)
G01S 7/481(2006.01)
G01S 17/89(2020.01)

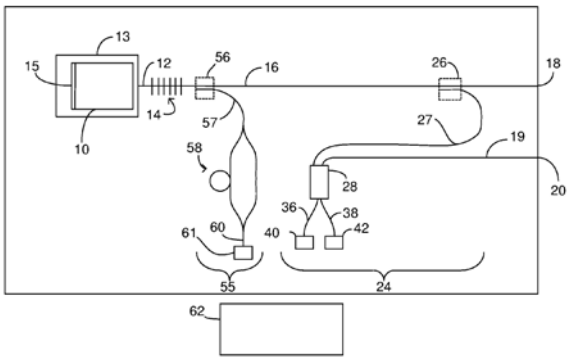
权利要求书2页 说明书13页 附图5页

(54)发明名称

供LIDAR芯片使用的LIDAR适配器

(57)摘要

LIDAR系统包括:LIDAR芯片,该LIDAR芯片输出LIDAR输出信号;LIDAR适配器,该LIDAR适配器从LIDAR芯片接收LIDAR输出信号并且还从LIDAR系统朝向视场中的采样区输出LIDAR输出信号。在LIDAR输出信号被位于采样区中的物体反射之后,LIDAR适配器还接收包括来自LIDAR输出信号的光的LIDAR回波信号。LIDAR输出信号和LIDAR回波信号在LIDAR适配器和物体之间行进相同的光路。LIDAR适配器还被配置成输出LIDAR输入信号,该LIDAR输入信号由LIDAR芯片接收并且包括来自LIDAR回波信号的光或由来自LIDAR回波信号的光组成。LIDAR输入信号和LIDAR输出信号在LIDAR适配器和LIDAR芯片之间行进不同的光路。



CN 114222929 A

1.一种LIDAR系统,包括:

LIDAR芯片,被配置成输出LIDAR输出信号;以及

LIDAR适配器,被配置成:从所述LIDAR芯片接收所述LIDAR输出信号,输出所述LIDAR输出信号,并且在从所述LIDAR适配器输出所述LIDAR输出信号之后接收包括来自所述LIDAR输出信号的光的LIDAR回波信号,

所述LIDAR适配器被配置成使得所述LIDAR输出信号和所述LIDAR回波信号在所述LIDAR适配器与物体之间行进相同的光路,

所述LIDAR适配器被配置成输出由所述LIDAR芯片接收的LIDAR输入信号,

所述LIDAR输入信号包括来自LIDAR回波信号的光,以及,

所述LIDAR输入信号和所述LIDAR输出信号在LIDAR适配器和LIDAR芯片之间行进不同的光路。

2.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR输入信号承载指示所述LIDAR系统与所述物体之间的径向速度和/或距离的LIDAR数据。

3.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR适配器包括附接到衬底的分立光学组件,并且所述LIDAR芯片包括与芯片衬底集成的光学组件。

4.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR芯片和所述LIDAR适配器每个接合到公共基座。

5.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR输入信号是每个由所述LIDAR适配器输出且由所述LIDAR芯片接收的若干不同LIDAR输入信号中的一个,所述LIDAR输入信号中的每个包括来自所述LIDAR回波信号的光。

6.根据权利要求5所述的LIDAR系统,其中,不同LIDAR输入信号与不同线性偏振状态相关联。

7.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR适配器被配置成将所述LIDAR回波信号分成所述LIDAR回波信号的第一部分和所述LIDAR回波信号的第二部分,其中,所述LIDAR回波信号的第一部分和所述LIDAR回波信号的第二部分承载具有不同线性偏振状态的光。

8.根据权利要求7所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR输入信号是每个由所述LIDAR适配器输出且由所述LIDAR芯片接收的若干不同LIDAR输入信号中的一个,

所述LIDAR输入信号中的第一LIDAR输入信号包括来自所述LIDAR回波信号的所述第一部分的光并且排除来自所述LIDAR回波信号的所述第二部分的光,

所述LIDAR输入信号中的第二LIDAR输入信号包括来自所述LIDAR回波信号的所述第二部分的光并且排除来自所述LIDAR回波信号的所述第一部分的光,以及

所述第一LIDAR输入信号和所述第二LIDAR输入信号承载相同线性偏振状态的光。

9.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR芯片包括衬底上的光子集成电路(PIC)。

10.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR适配器包括附接到衬底的分立光学组件,并且光信号在不同光学组件之间行进的光路是穿过自由空间。

11.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR适配器包括光环形器,并且所述LIDAR输出信号通过所述光环形器的端口从所述LIDAR适配器输出。

12.根据权利要求1所述的LIDAR系统,其中,所述LIDAR适配器排除有源光学组件。

供LIDAR芯片使用的LIDAR适配器

[0001] 相关申请

本申请是2019年8月21日提交的、标题为“LIDAR Adapter for Use with LIDAR Chip”的且其全部内容结合在本文中的美国专利申请序列号16/547,522的继续申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及光学器件。特别地，本发明涉及LIDAR系统。

背景技术

[0003] 对于可以经济地部署在诸如ADAS(高级驾驶员辅助系统)和AR(增强现实)的应用中的3D感测系统，存在日益增长的商业需求。LIDAR(光检测和测距)传感器用于通过用激光照射目标场景并测量回波信号来构造该场景的3D图像。

[0004] 调频连续波(FMCW)是可以用于LIDAR应用的相干检测方法的示例。FMCW技术能够利用单次测量结果来确定物体与LIDAR系统之间的距离和/或径向速度。另外，FMCW技术具有对环境光和来自其他LIDAR系统的光的降低的灵敏度。

[0005] 已经提出了集成的FMCW LIDAR芯片。然而，这些LIDAR芯片在相同的波导上承载LIDAR输出信号和LIDAR回波信号。由于制造限制，通常使用光耦合器来分离LIDAR输出信号和LIDAR回波信号。该光耦合器是LIDAR系统中大光损耗水平的来源。该光耦合器限制LIDAR系统满足对增加的距离和精度水平的增长需求的能力。因此，存在对具有降低的光损耗水平的LIDAR系统的需要。

发明内容

[0006] LIDAR系统包括：配置的LIDAR芯片，该配置的LIDAR芯片输出LIDAR输出信号。该LIDAR系统还包括LIDAR适配器，该LIDAR适配器从LIDAR芯片接收LIDAR输出信号并且还从LIDAR系统朝向视场中的采样区输出LIDAR输出信号。在LIDAR输出信号被位于采样区中的物体反射之后，LIDAR适配器还接收包括来自LIDAR输出信号的光的LIDAR回波信号。LIDAR输出信号和LIDAR回波信号在LIDAR适配器和物体之间行进相同的光路。LIDAR适配器还被配置成输出LIDAR输入信号，该LIDAR输入信号由LIDAR芯片接收并且包括来自LIDAR回波信号的光或由来自LIDAR回波信号的光组成。LIDAR输入信号和LIDAR输出信号在LIDAR适配器和LIDAR芯片之间行进不同的光路。

附图说明

[0007] 图1是适于供LIDAR适配器使用的LIDAR芯片的俯视图。

[0008] 图2是LIDAR芯片的俯视图，该LIDAR芯片被配置成接收多个不同的LIDAR输入信号，并且适于供LIDAR适配器使用。

[0009] 图3是LIDAR芯片的俯视图，该LIDAR芯片被配置成接收多个不同的LIDAR输入信号，并且适于供LIDAR适配器使用。

[0010] 图4是由绝缘体上硅晶片构造的根据图1到3的LIDAR芯片的截面。

[0011] 图5是LIDAR适配器的俯视图。

[0012] 图6是供提供偏振补偿的LIDAR系统使用的LIDAR适配器的俯视图。

[0013] 图7是仅包括无源光学组件并且适于供提供偏振补偿的LIDAR系统使用的LIDAR适配器的俯视图。

[0014] 图8是包括在公共支座上的图1的LIDAR芯片和电子装置以及图5的LIDAR适配器的LIDAR系统的俯视图。

具体实施方式

[0015] 公开了一种LIDAR芯片，其具有在不同波导上承载的LIDAR输出信号和LIDAR输入信号。LIDAR适配器位于LIDAR芯片和视场之间。LIDAR适配器可以被配置成从LIDAR芯片接收LIDAR输出信号并且输出由LIDAR芯片接收的LIDAR输入信号。LIDAR适配器对LIDAR输入信号和LIDAR输出信号进行操作，使得LIDAR输入信号和LIDAR输出信号在LIDAR适配器和LIDAR芯片之间在不同光路上行进，但是在LIDAR适配器和视场之间在相同光路上行进。结果，LIDAR适配器消除了对LIDAR芯片上的光耦合器的需要，并且可以因此降低与LIDAR系统相关联的光损耗水平。

[0016] LIDAR适配器可以利用附接到基座的分立光学组件来构成。结果，LIDAR适配器可以包括将LIDAR输入信号与LIDAR输出信号分离的光环形器。光环行器在集成平台中已经是无效的。结果，LIDAR适配器可以使环形器与LIDAR芯片有效地组合。

[0017] 另外，LIDAR输出信号通常是线性偏振的。这些信号被物体的反射可以改变回波光的偏振角。因此，LIDAR输入信号可以包括不同线性偏振状态的光。由于偏振状态的这种改变，可能丢失LIDAR输入信号中承载的LIDAR数据。在LIDAR适配器上使用分立光学组件简化了将LIDAR输入信号分离成每个与不同偏振状态相关联的多个不同LIDAR输入信号。LIDAR芯片可以接收不同LIDAR输入信号并处理LIDAR输入信号，以便补偿这些偏振状态改变。结果，LIDAR适配器可以降低LIDAR数据的丢失。

[0018] LIDAR系统包括LIDAR芯片。合适的LIDAR芯片可以包括光子集成电路(PIC)或集成光电路。图1是包括具有激光腔体的光子集成电路(PIC)的LIDAR芯片的俯视图。激光腔体包括光源10，其可以包括用于激光器的增益介质(未示出)或由激光器的增益介质(未示出)组成。芯片还包括接收来自光源10的光信号的腔体波导12。光源可以位于凹槽13中，所以光源的小平面(facet)与腔体波导12的小平面光学对准，以允许光源与腔体波导12交换光信号。腔体波导12将光信号承载到部分回波器件14。所示的部分回波器件14是光栅，诸如布拉格光栅。然而，可以使用其他部分回波器件14，诸如中阶梯光栅和阵列波导光栅。

[0019] 部分回波器件14将光信号的回波部分作为回波信号返回到腔体波导12。例如，腔体波导12将回波信号返回到光源10，使得光信号的回波部分行进通过增益介质。光源10被配置成使得回波信号的至少一部分被添加到在腔体波导12处接收的光信号。例如，光源10可以包括高度、完全或部分反射的器件15，其将从增益介质接收的回波信号反射回到增益介质中。结果，光可以在部分回波器件14和反射器件15之间谐振，以便形成分布式布拉格反射器(DBR)激光腔体。DBR激光腔体具有固有的窄线宽和比DFB激光器更长的相干长度，并且因此当反射来自芯片的LIDAR输出信号的物体位于更远离芯片时，提高性能。

[0020] 部分回波器件14将从腔体波导12接收的光信号的一部分传递到包括在LIDAR芯片上的公用(utility)波导16。公用波导16从部分回波器件14接收的光信号的该部分用作激光腔体的输出。激光腔体的输出用作公用波导16上的传出LIDAR信号。公用波导16终止于小平面18,并将传出LIDAR信号承载到小平面18。小平面18可以定位成使得行进通过小平面18的传出LIDAR信号离开芯片并用作LIDAR输出信号。例如,小平面18可以位于芯片的边缘处,所以行进通过该小平面18的传出LIDAR信号离开芯片并且用作LIDAR输出信号。

[0021] LIDAR输出信号远离芯片行进,并且可能被在LIDAR输出信号的路径中的物体反射。反射的信号远离物体行进。当LIDAR输出信号被反射时,来自反射信号的光的至少一部分被返回到LIDAR芯片上的输入波导19作为第一LIDAR输入信号。输入波导19包括小平面20,第一LIDAR输入信号可以通过该小平面20进入输入波导19。进入输入波导19的第一LIDAR输入信号的部分可以被认为是传入LIDAR信号,并且充当输入波导19承载的比较信号。输入波导19将比较信号承载到光组合组件28。

[0022] 所述芯片包括数据支路24,在该支路中生成针对LIDAR数据而处理的光信号。数据支路包括分路器26,其将传出LIDAR信号的一部分从公用波导16移动到数据支路中。例如,分路器26将传出LIDAR信号的一部分从公用波导16移动到参考波导27上作为参考信号。参考波导27将参考信号承载到光组合组件28。所示的分路器26是将公用波导16定位成足够靠近参考波导27以致来自公用波导16的光耦合到参考波导27中的结果;然而,其他信号分接组件也可以用于将光信号的一部分从公用波导16移动到参考波导27上。合适的信号分接组件的示例包括但不限于Y接头、光耦合器和多模干涉耦合器(MMI)。

[0023] 光组合组件28将比较信号和参考信号组合成复合信号。参考信号包括来自传出LIDAR信号的光。例如,参考信号可以用作传出LIDAR信号的采样。参考信号可以排除来自LIDAR输出信号和第一LIDAR输入信号的光。相比之下,比较信号包括来自第一LIDAR输入信号的光。例如,比较信号可以用作第一LIDAR输入信号的采样。因此,比较信号包括由在视场中的采样区中位于芯片外的物体反射的光或者由所述光组成,而参考信号不包括由物体反射的光。当芯片和反射物体正在相对于彼此移动时,比较信号和参考信号可以至少部分地由于多普勒效应而具有不同的频率。结果,在比较信号和参考信号之间出现差拍(beating)。

[0024] 光组合组件28还将所得到的复合采样信号分开到第一检测器波导36和第二检测器波导38上。第一检测器波导36将复合采样信号的第一部分承载到第一光传感器40,该第一光传感器40将复合采样信号的第一部分转换成第一电信号。第二检测器波导38将复合采样信号的第二部分承载到第二光传感器42,该第二光传感器42将复合采样信号的第二部分转换成第二电信号。合适的光传感器的示例包括锗光电二极管(PD)和雪崩光电二极管(APD)。

[0025] 光组合组件28、第一光传感器40和第二光传感器42可以被连接为输出电数据信号的平衡光电检测器。例如,光组合组件28、第一光传感器40和第二光传感器42可以被连接,使得信号光电流的直流分量抵消,从而提高检测灵敏度。用于将第一光传感器40和第二光传感器42连接为平衡光电检测器的合适方法包括串联连接第一光传感器40和第二光传感器42。在一个示例中,第一光传感器40和第二光传感器42两者是串联连接的雪崩光电二极管。平衡的光电检测对于检测小的信号波动是期望的。

[0026] 合适的光组合组件28的示例是多模干涉(MMI)器件,诸如2×2 MMI器件。其他合适的光组合组件28包括但不限于绝热分路器和定向耦合器。所示的光组合组件28的功能可以由多于一个光学组件来执行。

[0027] 单个光传感器可以代替第一光传感器40和第二光传感器42,并且可以输出数据信号。当单个光传感器代替第一光传感器40和第二光传感器42时,光组合组件28不需要包括分光功能。结果,所示的光光组合组件28可以是2×1光组合组件而不是所示的2×1光组合组件。例如,所示的光组合组件可以是2×1 MMI器件。在这些情况下,芯片包括将复合采样信号承载到光传感器的单个检测器波导。

[0028] 所述芯片包括用于控制激光腔体的操作的控制支路55。控制支路包括定向耦合器56,其将传出LIDAR信号的一部分从公用波导16移动到控制波导57上。传出LIDAR信号的耦合部分用作分接信号。虽然图1示出了定向耦合器56将传出LIDAR信号的一部分移动到控制波导57上,但是可以使用其他信号分接组件来将传出LIDAR信号的一部分从公用波导16移动到控制波导57上。合适的信号分接组件的示例包括但不限于Y接头和MMI。

[0029] 控制波导57将分接的信号承载到干涉仪58,该干涉仪58将分接的信号分开并且然后以在分接的信号的部分之间的相位差将分接的信号的不同部分重新组合。所示的干涉仪58是马赫-曾德(Mach-Zhender)干涉仪;然而,可以使用其他干涉仪。

[0030] 所述干涉仪58在干涉仪波导60上输出控制光信号。干涉仪波导60将控制光信号承载到控制光传感器61,该控制光传感器61将控制光信号转换成用作电控制信号的电信号。干涉仪信号具有作为传出LIDAR信号的频率的函数的强度。例如,马赫-曾德干涉仪将输出具有条纹(fringe)图案的正弦控制光信号。对传出LIDAR信号的频率的改变将导致对控制光信号的频率的改变。因此,从控制光传感器61输出的电控制信号的频率是传出LIDAR信号的频率的函数。可以使用其他检测机构来代替控制光传感器61。例如,可以用被布置为光组合组件28、第一光传感器40和第二光传感器42的平衡光电检测器来代替控制光传感器61。

[0031] 电子装置62可以操作芯片上的一个或多个组件。例如,电子装置62可以与光源10、第一光传感器40、第二光传感器42和控制光传感器61电通信并且控制它们的操作。尽管电子装置62被示出为在芯片外,但是电子装置的全部或一部分可以被包括在芯片上。例如,芯片可以包括将第一光传感器40与第二光传感器42串联连接的电导体。

[0032] 在芯片的操作期间,电子装置62操作光源10,使得激光腔体传出LIDAR信号。电子装置62然后通过一系列循环操作芯片,其中,针对每个(LIDAR系统与反射物体之间的径向距离和/或径向速度)循环生成LIDAR数据。在一些情况下,LIDAR系统包括用于操纵LIDAR输出信号远离LIDAR系统行进的方向的一个或多个机构。电子装置可以操作一个或多个机构,以便将LIDAR输出信号引导到视场中的不同采样区。采样区可以每个与循环中的一个相关联和/或每个循环可以与采样区中的一个相关联。结果,每个LIDAR数据结果可以与视场中的采样区中的一个相关联。不同的采样区可以彼此重叠和/或彼此分离。

[0033] 每个循环包括一个或多个数据时段。在每个数据时段期间,电子装置调谐传出LIDAR信号的频率。如下面将更详细描述的,电子装置可以采用来自控制支路的输出以便控制传出LIDAR信号的频率,使得作为时间的函数的传出LIDAR信号的频率对电子装置来说是已知的。在某一情况中,循环包括第一数据时段和第二数据时段。在第一数据时段期间,电子装置62可以增加LIDAR输出信号的频率,而在第二采样期间,电子装置62可以降低LIDAR

输出信号的频率。在一些情况下,LIDAR输出信号的频率改变是线性的。在一个示例中,操作激光腔体以便输出具有1550 nm波长的传出LIDAR信号(以及因此LIDAR输出信号)。在第一数据时段期间,电子装置62可以线性增加传出LIDAR信号(以及因此LIDAR输出信号)的频率,使得波长从1550 nm降低到1459.98 nm,随后是第二数据时段,其中,传出LIDAR信号的频率从1459.98 nm线性降低到1550 nm。

[0034] 当在第一数据时段期间增加传出LIDAR信号频率时,LIDAR输出信号远离LIDAR芯片行进,并且来自LIDAR输出信号的光可以被位于视场的采样区中的物体反射。然后,反射光的至少一部分以第一LIDAR输入信号被返回到芯片。如上所述,第一LIDAR输入信号的一部分变为比较信号。在LIDAR输出信号和第一LIDAR输入信号正在芯片和反射物体之间行进的时间期间,传出LIDAR信号的频率继续增加。由于传出LIDAR信号的一部分变为参考信号,因此参考信号的频率继续增加。结果,比较信号可以以比同时进入光组合组件的参考信号低的频率进入光组合组件。另外,反射物体位于离芯片越远,则在第一LIDAR输入信号返回到芯片之前参考信号的频率增加得就越多。因此,比较信号的频率与参考信号的频率之间的差越大,则反射物体离芯片就越远。结果,比较信号的频率和参考信号的频率之间的差是芯片和反射物体之间的距离的函数。

[0035] 出于相同的理由,当在第二数据时段期间降低传出LIDAR信号频率时,比较信号以比同时进入光组合组件的参考信号高的频率进入光组合组件,并且在第二数据时段期间比较信号的频率与参考信号的频率之间的差也是LIDAR系统与反射物体之间的距离的函数。

[0036] 在一些情况下,比较信号的频率与参考信号的频率之间的差可以也是多普勒效应的函数,因为LIDAR系统与反射物体的相对移动可以也影响比较信号的频率。例如,当LIDAR系统正在朝向或远离反射物体移动和/或反射物体正在朝向或远离LIDAR系统移动时,多普勒效应可以影响比较信号的频率。由于比较信号的频率是反射物体和LIDAR系统之间的径向速度的函数,因此比较信号的频率和参考信号的频率之间的差也是反射物体和LIDAR系统之间的径向速度的函数。因此,比较信号的频率与参考信号的频率之间的差是LIDAR系统与反射物体之间的距离和/或径向速度的函数。

[0037] 复合采样信号和数据信号每个对比较信号和参考信号进行有效比较。例如,由于光组合组件组合了比较信号和参考信号并且这些信号具有不同的频率,因此在比较信号和参考信号之间存在差拍。因此,复合采样信号和数据信号具有与比较信号和参考信号之间的频率差相关的拍频,并且该拍频可以用于确定比较信号和参考信号的频率差。复合采样信号和/或数据信号的较高拍频指示比较信号和参考信号的频率之间的较高差分。结果,数据信号的拍频是LIDAR系统与反射物体之间的距离和/或径向速度的函数。

[0038] 如上所述,拍频是两个未知数的函数:LIDAR系统和反射物体之间的距离,以及芯片和反射物体的相对速度(即多普勒效应的贡献)。比较信号和参考信号之间的频率差的改变(Δf)由$\Delta f=2\Delta vf/c$给出,其中,f是LIDAR输出信号的频率并且因此是参考信号的频率,Δv是LIDAR系统和反射物体之间的径向速度,并且c是光在空气中的速度。多个不同数据时段的使用允许电子装置62解析两个未知数。例如,为第一数据时段确定的拍频与未知距离和多普勒贡献有关,而为第二数据时段确定的拍频也与未知距离和多普勒贡献有关。两个关系的可用性允许电子装置62解析两个未知数。因此,可以确定LIDAR系统和反射物体之间的距离,而没有来自多普勒效应的影响。此外,在一些情况下,电子装置62使用该距离结合

多普勒效应来确定LIDAR芯片和反射物体之间的径向速度。

[0039] 在LIDAR芯片和反射物体之间的径向速度为零或非常小的情况下，多普勒效应对拍频的贡献基本为零。在这些情况下，多普勒效应不对拍频做出实质贡献，并且电子装置62可以仅使用第一数据时段来确定芯片与反射物体之间的距离。

[0040] 在操作期间，电子装置62可以响应于从控制光传感器61输出的电控制信号来调节传出LIDAR信号的频率。如上所述，从控制光传感器61输出的电控制信号的幅度是传出LIDAR信号的频率的函数。因此，电子装置62可以响应于控制的幅度来调节传出LIDAR信号的频率。例如，当在数据时段期间改变传出LIDAR信号的频率时，电子装置62可以具有作为时间的函数的电控制信号幅度的适当数值范围。在数据时段期间的多个不同时间，电子装置62可以将电控制信号幅度与和采样中的当前时间相关联的值范围进行比较。如果电控制信号幅度指示传出LIDAR信号的频率在电控制信号幅度的关联范围之外，则电子装置62可以操作光源10以便改变传出LIDAR信号的频率，所以它落入关联范围内。如果电控制信号幅度指示传出LIDAR信号的频率在电控制信号幅度的关联范围内，则电子装置62不改变传出LIDAR信号的频率。

[0041] 图1的LIDAR芯片可以被修改成接收多个第一LIDAR输入信号。例如，图2示出被修改成接收两个第一LIDAR输入信号的图1的LIDAR芯片。分路器70被配置成将参考波导27上承载的参考信号的一部分移动到第一参考波导72上并将参考信号的另一部分移动到第二参考波导74上。因此，第一参考波导72承载第一参考信号，而第二参考波导74承载第二参考信号。第一参考信号被承载到光组合组件28并由光组合组件28处理，如图1的上下文中描述的。合适的分路器70的示例包括但不限于Y接头、光耦合器和多模干涉耦合器(MMI)。

[0042] 如上所述，远离芯片行进的LIDAR输出信号可以被在LIDAR输出信号的路径中的一个或多个物体反射。该反射信号远离物体行进。当LIDAR输出信号行进被反射时，反射信号的至少一部分被返回到LIDAR芯片上的第二输入波导76作为第二LIDAR输入信号。第二输入波导76包括小平面78，第二LIDAR输入信号可以通过该小平面78进入第二输入波导76。进入第二输入波导76的第二LIDAR输入信号的一部分充当由第二输入波导76承载的第二比较信号。第二输入波导76将第二比较信号承载到第二光组合组件80。另外，第二参考波导74将第二参考信号承载到第二光组合组件80。第二光组合组件80将第二比较信号和第二参考信号组合成第二复合信号。第二参考信号包括来自传出LIDAR信号的光。例如，第二参考信号可以用作传出LIDAR信号的采样。第二参考信号可以排除来自LIDAR输出信号和第二LIDAR输入信号的光。相比之下，第二比较信号包括来自第二LIDAR输入信号的光。例如，第二比较信号可以用作第二LIDAR输入信号的采样。因此，第二比较信号已经被位于LIDAR系统外部的物体反射，而第二参考信号没有被反射。当芯片和反射物体正在相对于彼此移动时，第二比较信号和第二参考信号可以至少部分地由于多普勒效应而具有不同的频率。结果，在第二比较信号和第二参考信号之间出现差拍。

[0043] 第二光组合组件80还将所得到的第二复合信号分开到第一检测器波导82和第二检测器波导84上。第一检测器波导82将第二复合信号的第一部分承载到第一光传感器40，该第一光传感器40将第二复合信号的第一部分转换成第一电信号。第二检测器波导84将第二复合采样信号的第二部分承载到第二光传感器42，该第二光传感器42将复合采样信号的第二部分转换成第二电信号。合适的光传感器的示例包括锗光电二极管(PD)和雪崩光电二

极管(APD)。

[0044] 第二光组合组件80、相关联的第一光传感器40和相关联的第二光传感器42可以连接为输出第二电数据信号的平衡光电检测器。例如,第二光组合组件80、相关联的第一光传感器40和相关联的第二光传感器42可以被连接,使得信号光电流的直流分量抵消,从而提高检测灵敏度。用于将第一光传感器40和第二光传感器42连接为平衡光电检测器的合适方法包括串联连接第一光传感器40和第二光传感器42。在一个示例中,第一光传感器40和第二光传感器42两者是串联连接的雪崩光电二极管。平衡的光电检测对于检测小的信号波动是期望的。

[0045] 合适的第二光组合组件80的示例是多模干涉(MMI)器件,诸如2×2 MMI器件。其他合适的第二光组合组件80包括但不限于绝热分路器和定向耦合器。所示的第二光组合组件80的功能可以由多于一个光学组件来执行。

[0046] 电子装置62可以操作芯片上的一个或多个组件以在多个不同循环上生成LIDAR输出信号,如上所述。另外,电子装置62可以如上文在图1的上下文中描述的那样处理第二电信号。因此,电子装置可以从第二复合信号生成第二LIDAR数据结果和/或从复合信号生成LIDAR数据结果。结果,可以从相同的LIDAR输出信号生成第二LIDAR数据结果和/或LIDAR数据结果。

[0047] LIDAR芯片可以被修改成包括其他组件。例如,图3示出被修改成包括放大器85的图2的LIDAR芯片,该放大器85位于LIDAR芯片的边缘,使得公用波导16终止于放大器85的小平面。放大器85可以由电子装置62操作。结果,电子装置62可以控制LIDAR输出信号的功率。合适的放大器包括但不限于掺铒光纤放大器(EDFA)、掺铒波导放大器(EDWA)和半导体光放大器(SOA)。

[0048] 用于LIDAR芯片的合适平台包括但不限于硅石、磷化铟和绝缘体上硅晶片。图4是由绝缘体上硅晶片构造的芯片的一部分的截面。绝缘体上硅(SOI)晶片包括在衬底92和光传输介质94之间的掩埋层90。在绝缘体上硅晶片中,掩埋层是硅石,而衬底和光传输介质是硅。诸如SOI晶片的光学平台的衬底可以用作整个芯片的基座。例如,图1至图3中所示的光学组件可以位于衬底的顶侧和/或横向侧上或上方。

[0049] 图4中所示的芯片的部分包括波导构造,该波导构造适于供由绝缘体上硅晶片构成的芯片使用。光传输介质的脊96远离光传输介质的板条(slab)区98延伸。光信号被约束在脊的顶部和掩埋氧化物层之间。

[0050] 脊波导的尺寸在图4中标出。例如,所述脊具有标为w的宽度和标为h的高度。板条区的厚度标为T。对于LIDAR应用,因为需要使用比其他应用中所使用的更高的光功率水平,所以这些尺寸可能比其他尺寸更重要。脊宽度(标为w)大于1μm且小于4μm,脊高度(标为h)大于1μm且小于4μm,板条区厚度大于0.5μm且小于3μm。这些尺寸可以应用于波导的直的或基本直的部分、波导的弯曲部分和波导(一个或多个)的锥形部分。因此,波导的这些部分将是单模。然而,在一些情况下,这些尺寸应用于波导的直的或基本直的部分。另外或替选地,波导的弯曲部分可具有降低的板条厚度以便降低波导的弯曲部分中的光损耗。例如,波导的弯曲部分可以具有以大于或等于0.0μm且小于0.5μm的厚度远离板条区延伸的脊。虽然上述尺寸通常将提供具有单模构造的波导的直的或基本直的部分,但是它们可以导致是多模的锥形部分(一个或多个)和/或弯曲部分(一个或多个)。可以使用基本不激发较高阶模的

锥形来实现多模几何结构到单模几何结构之间的耦合。因此，波导可以被构造为使得在波导中承载的信号即使当在具有多模尺寸的波导区段中承载时也以单模承载。图4的波导构造适用于根据图1至图3构造的LIDAR芯片上的波导的全部或一部分。

[0051] 与公用波导16对接的光源10可以是增益元件，该增益元件是与芯片分离且然后附接到芯片的组件。例如，光源10可以是使用倒装芯片布置而附接到芯片的增益元件。

[0052] 当光源10要与由绝缘体上硅晶片构造的芯片上的脊波导对接时，倒装芯片布置的使用是合适的。倒装芯片增益元件与由绝缘体上硅晶片构造的芯片上的脊波导之间的合适接口的示例可以在2017年7月11日授权的美国专利号9,705,278中和在1999年11月23日授权的美国专利号5,991,484中找到，其每个全部内容结合在本文中。这些构造适于用作光源10。当光源10是增益元件时，电子装置62可以通过改变施加到经过增益元件的电流水平来改变传出LIDAR信号的频率。

[0053] 衰减器可以是与芯片分离且然后附接到芯片的组件。例如，衰减器可以被包括在衰减器芯片上，该衰减器芯片以倒装芯片布置被附接到芯片。衰减器芯片的使用适用于从由数据衰减器和控制衰减器组成的组中选择的衰减器的全部或一部分。

[0054] 作为在分离的组件上包括衰减器的替选方案，衰减器的全部或一部分可以与芯片集成。例如，与由绝缘体上硅晶片构造的芯片上的脊波导对接的衰减器的示例可以在1999年6月1日授权的美国专利号5,908,305中找到，其每个全部内容结合在本文中。与芯片集成的衰减器的使用适用于从由数据衰减器和控制衰减器组成的组中选择的光传感器的全部或一部分。

[0055] 与芯片上的波导对接的光传感器可以是与芯片分离且然后附接到芯片的组件。例如，光传感器可以是光电二极管或雪崩光电二极管。合适的光传感器组件的示例包括但不限于：位于日本Hamamatsu市的Hamamatsu制造的InGaAs PIN光电二极管，或位于日本Hamamatsu市的Hamamatsu制造的InGaAs APD(雪崩光电二极管)。这些光传感器可以如图1中所示的那样居中位于芯片上。替选地，终止于光传感器的波导的全部或一部分可以终止于位于芯片边缘的小平面18，并且光传感器可以在小平面18上附接到芯片的边缘，使得光传感器接收穿过小平面18的光。作为与芯片分离的组件的光传感器的使用适用于从由第一光传感器40、第二光传感器42、采样光传感器54和控制光传感器61组成的组中选择的光传感器的全部或一部分。

[0056] 作为是分离组件的光传感器的替选方案，光传感器的全部或一部分可以与芯片集成。例如，与由绝缘体上硅晶片构造的芯片上的脊波导对接的光传感器的示例可以在Optics Express第15卷，第21号，13965-13971(2007)；2012年1月10日授权的美国专利号8,093,080；2012年8月14日授权的美国专利号8,242,432；以及2000年8月22日授权的美国专利号6,108,8472中找到，其每个全部内容结合在本文中。与芯片集成的光传感器的使用适用于从由第一光传感器40、第二光传感器42、采样光传感器54和控制光传感器61组成的组中选择的光传感器的全部或一部分。

[0057] 与芯片上的波导对接的放大器可以是与芯片分离且然后附接到芯片的组件。例如，放大器可以是作为分立组件的半导体光放大器(SOA)或升压光放大器(BOA)。分立组件放大器的示例包括但不限于，由位于美国新泽西Newton的Thorlabs制造的BOA1007C。这些放大器可以居中位于LIDAR芯片上。替选地，波导的全部或一部分终止于位于LIDAR芯片的

边缘的放大器18，使得放大器接收穿过该放大器的光。作为是分立组件的放大器的替选方案，放大器的全部或一部分可以与LIDAR芯片集成。例如，与由绝缘体上硅晶片构造的芯片上的脊波导对接的放大器的示例可以在美国专利申请序列号62/814,844、美国专利号9,025,241和美国专利号7,542,641中找到，其每个全部内容结合在本文中。

[0058] 与各种光学器件平台集成的光学光栅的构造是可用的。例如，通过在脊的顶部中和/或在脊的后侧中形成凹槽，可以在脊波导中形成布拉格光栅。

[0059] 合适的电子装置可以包括但不限于控制器，该控制器包括以下项或由以下项组成：适于执行上述操作、监测和控制功能的模拟电路、数字电路、处理器、微处理器、数字信号处理器(DSP)、计算机、微型计算机或组合。在一些情况下，控制器可以访问(have access to)存储器，该存储器包括要在执行操作、控制和监测功能期间由控制器执行的指令。尽管电子装置被示出为单个位置中的单个组件，但是电子装置可以包括彼此独立和/或放置在不同位置中的多个不同组件。另外，如上所述，所公开的电子装置的全部或一部分可以被包括在包括与芯片集成的电子装置的芯片上。

[0060] 尽管激光腔体被示出为位于芯片上，但激光腔体的全部或一部分可以位于芯片外。例如，公用波导16可以终止于第二小平面，通过该第二小平面，传出LIDAR信号可以从位于芯片外的激光腔体进入公用波导16。

[0061] LIDAR芯片可以与LIDAR适配器结合使用。在一些情况下，LIDAR适配器可以物理地光学位于LIDAR芯片和一个或多个反射物体和/或视场之间，其中，第一LIDAR输入信号(一个或多个)和/或LIDAR输出信号从LIDAR芯片行进到视场的光路穿过LIDAR适配器。另外，LIDAR适配器可以配置成对第一LIDAR输入信号和LIDAR输出信号进行操作，使得第一LIDAR输入信号和LIDAR输出信号在LIDAR适配器与LIDAR芯片之间在不同的光路上行进，但在LIDAR适配器与视场中的反射物体之间在相同的光路上行进。

[0062] 在图5中示出适于供图1的LIDAR芯片使用的LIDAR适配器的示例。所述LIDAR适配器包括位于基座上的多个组件。例如，LIDAR适配器包括位于基座102上的环行器100。所示的光环行器100包括三个端口，并且被配置成使得进入一个端口的光从下一个端口离开。例如，所示的光环行器包括第一端口104、第二端口106和第三端口108。LIDAR输出信号从LIDAR芯片的公用波导16进入第一端口104，并从第二端口106离开。LIDAR适配器可以被配置成使得来自第二端口106的LIDAR输出信号的输出还可以用作来自LIDAR适配器的LIDAR输出信号的输出。结果，LIDAR输出信号可以从LIDAR适配器输出，使得LIDAR输出信号正在朝向视场中的采样区行进。

[0063] 从LIDAR适配器输出的LIDAR输出信号包括来自从LIDAR芯片接收的LIDAR输出信号的光、由来自从LIDAR芯片接收的LIDAR输出信号的光组成、或者基本由来自从LIDAR芯片接收的LIDAR输出信号的光组成。因此，从LIDAR适配器输出的LIDAR输出信号可以与从LIDAR芯片接收的LIDAR输出信号相同或基本相同。然而，在从LIDAR适配器输出的LIDAR输出信号和从LIDAR芯片接收的LIDAR输出信号之间可能存在差异。例如，LIDAR输出信号在其行进通过LIDAR适配器时可能经历光损耗。

[0064] 当采样区中的物体反射LIDAR输出信号时，反射光的至少一部分作为LIDAR回波信号行进回到环行器100。LIDAR回波信号通过第二端口106进入环行器100。图5示出沿着相同光路在LIDAR适配器和采样区之间行进的LIDAR输出信号和LIDAR回波信号。

[0065] LIDAR回波信号通过第三端口108离开环行器100，并被引导到LIDAR芯片上的输入波导19。因此，来自LIDAR回波信号的光可以用作第一LIDAR输入信号，并且第一LIDAR输入信号包括来自LIDAR回波信号的光或者由来自LIDAR回波信号的光组成。因此，LIDAR输出信号和第一LIDAR输入信号可以沿着不同光路在LIDAR适配器与LIDAR芯片之间行进。

[0066] 如从图5显而易见的，LIDAR适配器可以包括除了环行器100之外的光学组件。例如，LIDAR适配器可以包括用于引导和控制LIDAR输出信号和LIDAR回波信号的光路的组件。作为示例，图5的适配器包括可选放大器110，该可选放大器110被定位成在LIDAR输出信号进入环行器100之前接收并放大LIDAR输出信号。放大器110可以由电子装置62操作，从而允许电子装置62控制LIDAR输出信号的功率。

[0067] 图5还示出了包括可选第一透镜112和可选第二透镜114的LIDAR适配器。第一透镜112可以被配置成将LIDAR输出信号耦合到期望的位置。在一些情况下，第一透镜112被配置成在期望位置处聚焦或准直LIDAR输出信号。在一个示例中，第一透镜112被配置成当LIDAR适配器不包括放大器110时将LIDAR输出信号耦合在第一端口104上。作为另一示例，当LIDAR适配器包括放大器110时，第一透镜112可以被配置成将入口上的LIDAR输出信号耦合到放大器110。第二透镜114可以被配置成在期望的位置处耦合LIDAR输出信号。在一些情况下，第二透镜114被配置成在期望的位置处聚焦或准直LIDAR输出信号。例如，第二透镜114可以被配置成将LIDAR输出信号耦合在输入波导19的小平面20上。

[0068] LIDAR适配器还可以包括一个或多个方向改变组件，诸如反射镜。图5示出了包括作为方向改变组件116的反射镜的LIDAR适配器，该方向改变组件116将来自环行器100的LIDAR回波信号重定向到输入波导19的小平面20。

[0069] LIDAR芯片包括约束一个或多个光信号的光路的一个或多个波导。虽然LIDAR适配器可以包括波导，但是LIDAR回波信号和LIDAR输出信号在LIDAR适配器上的组件之间和/或在LIDAR芯片和LIDAR适配器上的组件之间行进的光路可以是自由空间。例如，当在LIDAR适配器上的不同组件之间和/或在LIDAR适配器上的组件和LIDAR芯片之间行进时，LIDAR回波信号和/或LIDAR输出信号可以行进通过LIDAR芯片、LIDAR适配器和/或基座102所位于的大气。结果，可以采用诸如透镜和方向改变组件的光学组件来控制LIDAR回波信号和LIDAR输出信号在LIDAR适配器上、到LIDAR适配器和从LIDAR适配器行进的光路的特性。

[0070] 用于LIDAR适配器的合适基座102包括但不限于衬底、平台和板。合适的衬底包括但不限于玻璃、硅和陶瓷。这些组件可以是附接到衬底的分立组件。用于将分立组件附接到基座102的合适技术包括但不限于环氧树脂、焊料和机械夹持。在一个示例中，组件中的一个或多个是集成的组件，而其余组件是分立组件。在另一示例中，LIDAR适配器包括一个或多个集成的放大器，而其余组件是分立组件。

[0071] LIDAR系统可以被配置成补偿偏振。来自激光源的光通常是线性偏振的，并且因此LIDAR输出信号也通常是线性偏振的。来自物体的反射可以改变回波光的偏振角。因此，LIDAR回波信号可以包括不同线性偏振状态的光。例如，LIDAR回波信号的第一部分可以包括第一线性偏振状态的光，并且LIDAR回波信号的第二部分可以包括第二线性偏振状态的光。所得到的复合信号的强度与在比较信号极化场和参考信号极化场之间的角度的余弦的平方成比例。如果角度是90度，则LIDAR数据可能在所得到的复合信号中丢失。然而，LIDAR系统可以被修改成补偿LIDAR输出信号的偏振状态的改变。

[0072] 图6示出了图5的LIDAR系统被修改成使得LIDAR适配器适于供图2或图3的LIDAR芯片使用。所述LIDAR适配器包括接收来自环行器100的LIDAR回波信号的分束器120。分束器120将LIDAR回波信号分成LIDAR回波信号的第一部分和LIDAR回波信号的第二部分。合适的分束器包括但不限于Wollaston棱镜和基于MEMs的分束器。

[0073] LIDAR回波信号的第一部分被引导到LIDAR芯片上的输入波导19，并用作在图1到图5的上下文中描述的第一LIDAR输入信号。LIDAR回波信号的第二部分被引导到偏振旋转器122。偏振旋转器122输出第二LIDAR输入信号，该第二LIDAR输入信号被引导到LIDAR芯片上的第二输入波导76并用作在图2到图5的上下文中描述的第二LIDAR输入信号。

[0074] 分束器120可以是偏振分束器。偏振分束器的一个示例被构造成使得LIDAR回波信号的第一部分具有第一偏振状态但是不具有或基本不具有第二偏振状态，而LIDAR回波信号的第二部分具有第二偏振状态但是不具有或基本不具有第一偏振状态。第一偏振状态和第二偏振状态可以是线偏振状态，并且第二偏振状态不同于第一偏振状态。例如，第一偏振状态可以是TE而第二偏振状态可以是TM，或者第一偏振状态可以是TM而第二偏振状态可以是TE。在一些情况下，激光源可以线性偏振，使得LIDAR输出信号具有第一偏振状态。合适的分束器包括但不限于Wollaston棱镜和基于MEMs的偏振分束器。

[0075] 偏振旋转器可以被配置成改变LIDAR回波信号的第一部分和/或LIDAR回波信号的第二部分的偏振状态。例如，图6中所示的偏振旋转器122可以被配置成将LIDAR回波信号的第二部分的偏振状态从第二偏振状态改变为第一偏振状态。结果，第二LIDAR输入信号具有第一偏振状态，但是不具有或基本不具有第二偏振状态。因此，第一LIDAR输入信号和第二LIDAR输入信号每个具有相同的偏振状态(在本讨论中为第一偏振状态)。尽管承载相同偏振状态的光，但是由于使用偏振分束器，第一LIDAR输入信号和第二LIDAR输入信号与不同的偏振状态相关联。例如，第一LIDAR输入信号承载以第一偏振状态反射的光，而第二LIDAR输入信号承载以第二偏振状态反射的光。结果，第一LIDAR输入信号与第一偏振状态相关联，而第二LIDAR输入信号与第二偏振状态相关联。

[0076] 由于第一LIDAR输入信号和第二LIDAR承载相同偏振状态的光，因此从第一LIDAR输入信号得到的比较信号与从第二LIDAR输入信号得到的比较信号具有相同的偏振角。

[0077] 合适的偏振旋转器包括但不限于偏振保持光纤、法拉第旋转器、半波板、基于MEMs的偏振旋转器和使用非对称Y分支的集成光偏振旋转器、马赫-曾德干涉仪和多模干涉耦合器的旋转。

[0078] 由于传出LIDAR信号是线性偏振的，所以第一参考信号可以具有与第二参考信号相同的线性偏振角。另外，LIDAR适配器上的组件可以被选择成使得第一参考信号、第二参考信号、比较信号和第二比较信号每个具有相同的偏振状态。在图6的上下文中公开的示例中，第一比较信号、第二比较信号、第一参考信号和第二参考信号可以每个具有第一偏振状态的光。

[0079] 作为上述配置的结果，复合信号和第二复合信号每个通过组合相同偏振状态的参考信号和比较信号而得到，并且将因此提供参考信号和比较信号之间的期望差拍。例如，复合信号通过组合第一偏振状态的第一比较信号和第一参考信号而得到并且排除或基本排除第二偏振状态的光，或者复合信号通过组合第二偏振状态的第一比较信号和第一参考信号而得到并且排除或基本排除第一偏振状态的光。类似地，包括相同偏振状态的第二参考

信号和第二比较信号的第二复合信号将因此提供参考信号和比较信号之间的期望差拍。例如，第二复合信号通过组合第一偏振状态的第二比较信号和第二参考信号而得到并且排除或基本排除第二偏振状态的光，或者第二复合信号通过组合第二偏振状态的第二比较信号和第二参考信号而得到并且排除或基本排除第一偏振状态的光。

[0080] 上述配置导致从来自采样区的多个不同复合信号(即，第一复合信号和第二复合信号)生成视场中的单个采样区的LIDAR数据。在一些情况下，确定采样区的LIDAR数据包括电子装置组合来自不同复合信号(即，复合信号和第二复合信号)的LIDAR数据。组合LIDAR数据可以包括获取从不同复合信号生成的LIDAR数据的平均值、中值或众数(mode)。例如，电子装置可以对从复合信号确定的在LIDAR系统与反射物体之间的距离与从第二复合信号确定的距离进行平均，和/或电子装置可以对从复合信号确定的在LIDAR系统与反射物体之间的径向速度与从第二复合信号确定的径向速度进行平均。

[0081] 在一些情况下，确定采样区的LIDAR数据包括电子装置将一个或多个复合信号(即，复合信号和/或第二复合信号)识别为最能表示现实的LIDAR数据(代表性LIDAR数据)的来源。电子装置可以然后使用来自所识别的复合信号的LIDAR数据作为待用于附加处理的代表性LIDAR数据。例如，电子装置可以将具有较大幅度的信号(复合信号或第二复合信号)识别为具有代表性LIDAR数据，并且可以使用来自所识别的信号的LIDAR数据以供LIDAR系统进一步处理。在一些情况下，电子装置将识别具有代表性LIDAR数据的复合信号与组合来自不同LIDAR信号的LIDAR数据进行组合。例如，电子装置可以将具有高于振幅阈值的振幅的复合信号中的每个识别为具有代表性LIDAR数据，并且当两个以上复合信号被识别为具有代表性LIDAR数据时，电子装置可以组合来自所识别的复合信号中的每个的LIDAR数据。当一个复合信号被识别为具有代表性LIDAR数据时，电子装置可以使用来自该复合信号的LIDAR数据作为代表性LIDAR数据。当没有复合信号被识别为具有代表性LIDAR数据时，电子装置可以丢弃与那些复合信号相关联的采样区的LIDAR数据。

[0082] 尽管在组件被布置成使得第一比较信号、第二比较信号、第一参考信号和第二参考信号每个具有第一偏振状态的上下文中描述图6，但是图6中的组件的其他配置可以被布置成使得复合信号通过组合相同线性偏振状态的参考信号和比较信号而得到，并且第二复合信号通过组合相同线性偏振状态的参考信号和比较信号而得到。例如，分束器120可以被构造成使得LIDAR回波信号的第二部分具有第一偏振状态而LIDAR回波信号的第一部分具有第二偏振状态，偏振旋转器接收LIDAR回波信号的第一部分，并且传出LIDAR信号可以具有第二偏振状态。在该示例中，第一LIDAR输入信号和第二LIDAR输入信号每个具有第二偏振状态。

[0083] 上述系统配置导致LIDAR回波信号的第一部分和LIDAR回波信号的第二部分被引导成不同的复合信号。结果，由于LIDAR回波信号的第一部分和LIDAR回波信号的第二部分每个与不同的偏振状态相关联，但是电子装置可以处理每个复合信号，所以LIDAR系统补偿LIDAR输出信号的偏振状态响应于LIDAR输出信号的反射的改变。

[0084] 图6的LIDAR适配器可以包括附加光学组件，附加光学组件包括无源光学组件。例如，LIDAR适配器可以包括可选第三透镜126。第三透镜126可以被配置成在期望的位置处耦合第二LIDAR输出信号。在一些情况下，第三透镜126将第二LIDAR输出信号聚焦或准直在期望的位置处。例如，第三透镜126可以被配置成将第二LIDAR输出信号聚焦或准直在第二输

入波导76的小平面78上。LIDAR适配器还包括一个或多个方向改变组件124，诸如反射镜和棱镜。图6示出了包括作为方向改变组件124的反射镜的LIDAR适配器，该方向改变组件124将来自环行器100的LIDAR回波信号的第二部分重定向到第二输入波导76的小平面78和/或重定向到第三透镜126。

[0085] 图7示出了图6的LIDAR系统被修改成使得LIDAR适配器适于供图2或图3的LIDAR芯片使用。LIDAR输出信号不在图7的LIDAR适配器上放大。图7示出了与图3的LIDAR芯片一起使用的LIDAR适配器。因此，由电子装置操作的放大器85位于LIDAR芯片上而不是位于LIDAR适配器上。在这种情况下，由电子装置操作和/或向电子装置提供电输出的LIDAR系统的有源组件位于LIDAR芯片上，而无源组件位于LIDAR适配器上。因此，LIDAR系统的示例具有LIDAR适配器，该LIDAR适配器包括基座上的分立无源组件并且排除基座上的集成组件，而LIDAR芯片包括分立组件和集成组件的组合或者仅包括集成光学组件。

[0086] LIDAR芯片、电子装置和LIDAR适配器可以位于公共底座上。合适的公共底座包括但不限于玻璃板、金属板、硅板和陶瓷板。作为示例，图8是在公共支座140上包括图1的LIDAR芯片和电子装置62以及图5的LIDAR适配器的LIDAR系统的俯视图。尽管电子装置62被示出为位于公共支座上，但是电子装置的全部或一部分可以位于公共支座外。用于将LIDAR芯片、电子装置和/或LIDAR适配器安装在公共支座上的合适方法包括但不限于环氧树脂、焊料和机械夹持。

[0087] 尽管LIDAR系统被示出为与输出单个LIDAR输出信号的LIDAR芯片一起操作，但是LIDAR芯片可以被配置成输出多个LIDAR输出信号。多个LIDAR适配器可以与单个LIDAR芯片一起使用，和/或可以缩放LIDAR适配器以接收多个LIDAR输出信号。

[0088] 鉴于这些教导，本领域的普通技术人员将会容易想到本发明的其他实施例、组合和修改。因此，本发明将仅由所附权利要求限制，所附权利要求当结合上述说明书和附图查看时包括所有这样的实施例和修改。

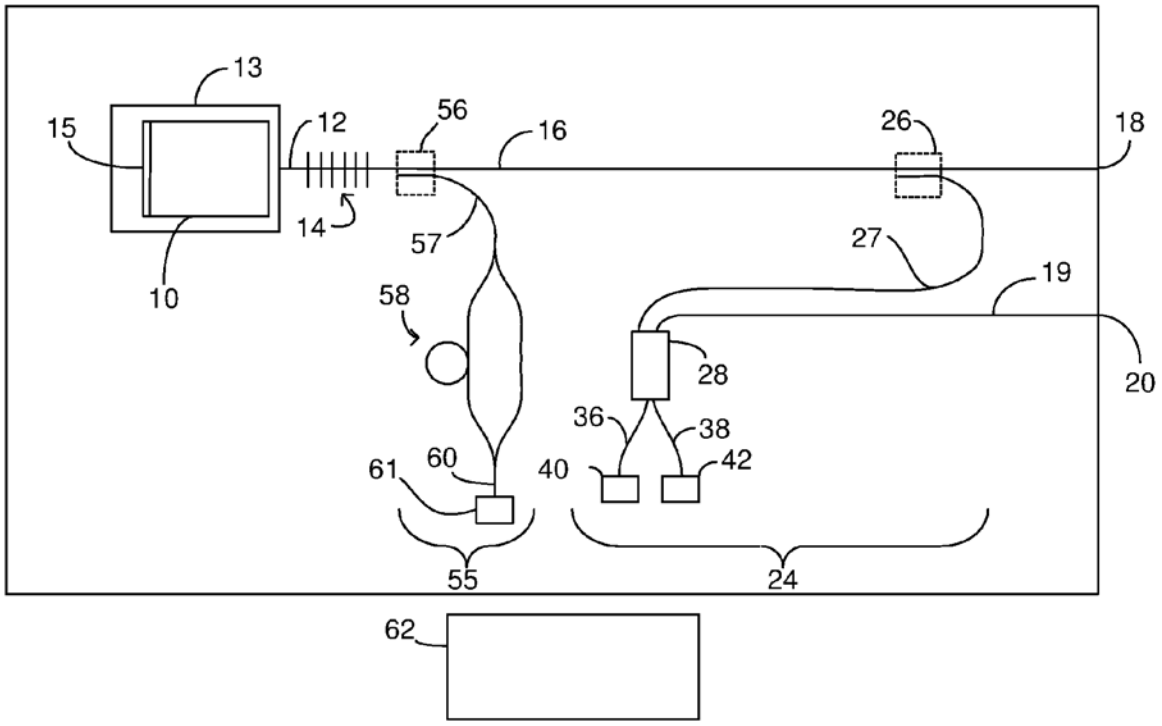

13
15
12
56
16
26
18
14
57
27
19
10
58
28
20
36
38
61
60
40
42
55
24
62

图 1

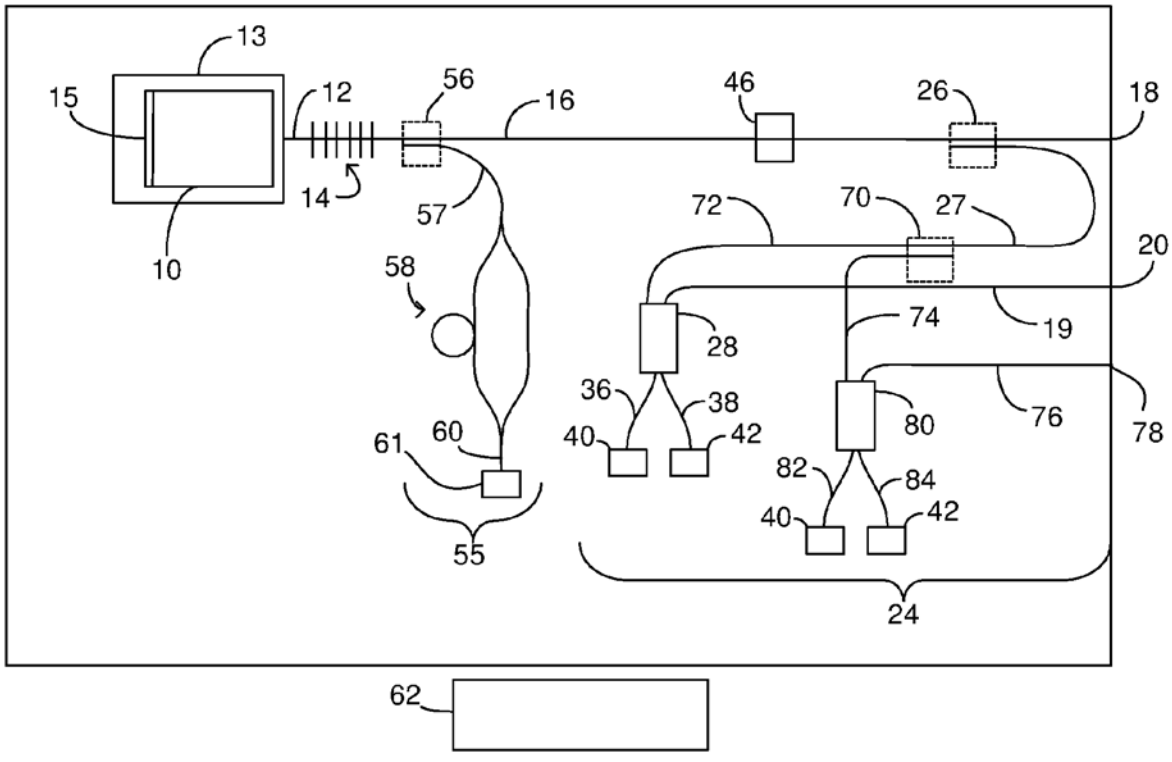

13
15
12
56
16
46
26
18
14
57
72
70
27
20
10
58
74
19
28
36
38
80
76
78
61
60
40
42
82
84
40
42
55
24
62

图 2

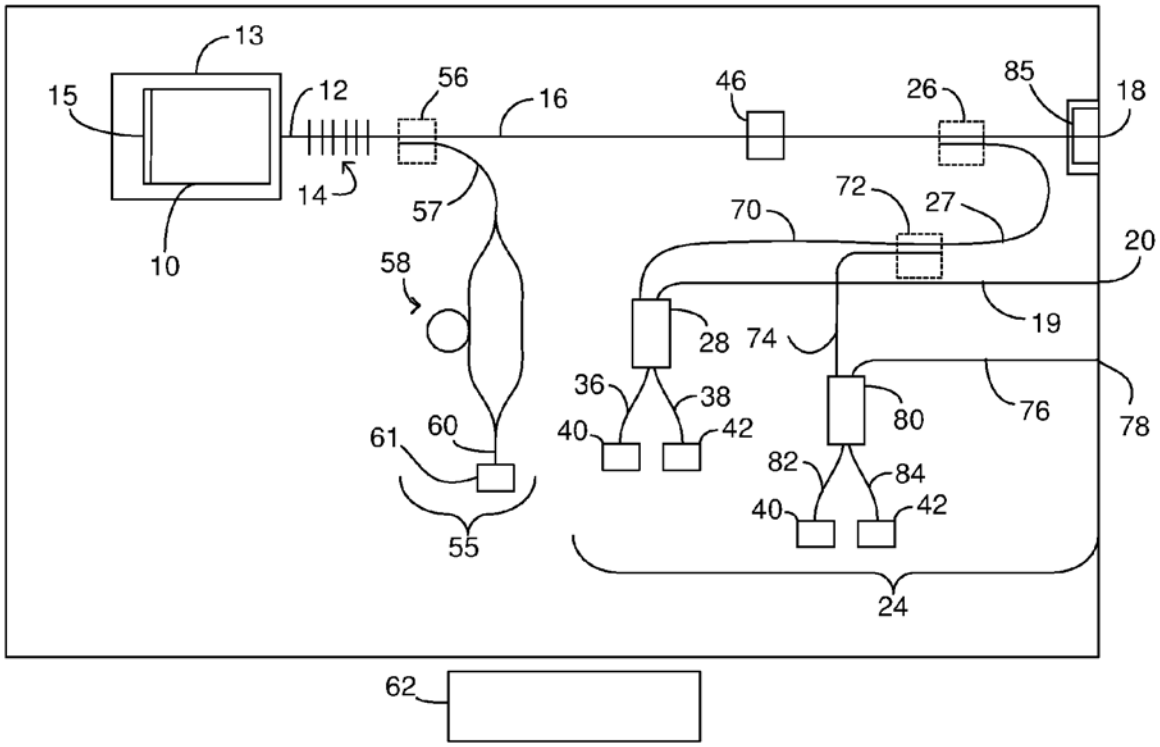

13
15
12
56
16
46
26
85
18
14
57
72
27
70
20
10
58
19
28
74
36
38
80
76
78
40
42
61
60
82
84
40
42
55
24
62

图 3

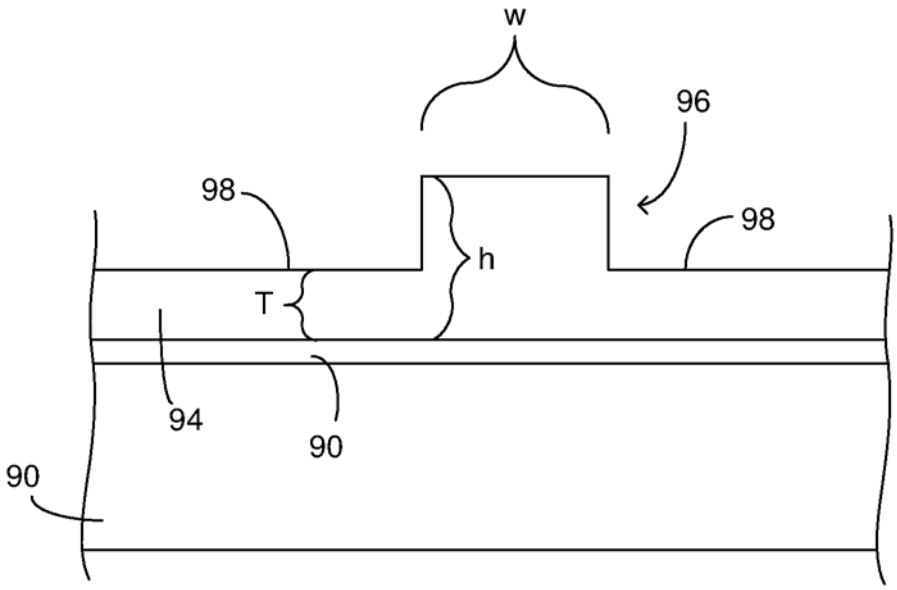

w
96
98
98
h
T
94
90
90

图 4

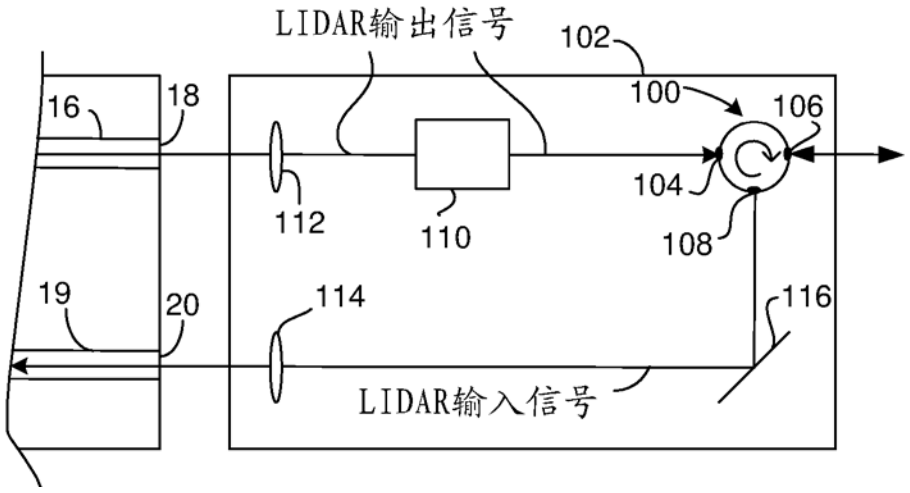

LIDAR输出信号
102
100
106
16
18
104
112
110
108
19
20
114
116
LIDAR输入信号

图 5

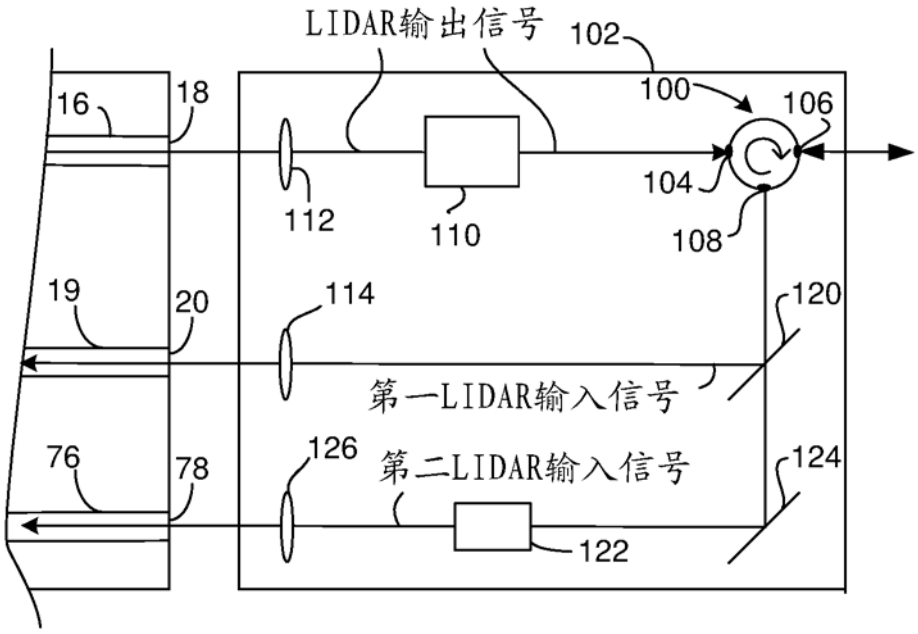

LIDAR输出信号
102
100
106
16
18
104
112
110
108
19
20
114
120
第一LIDAR输入信号
76
78
126
第二LIDAR输入信号
124
122

图 6

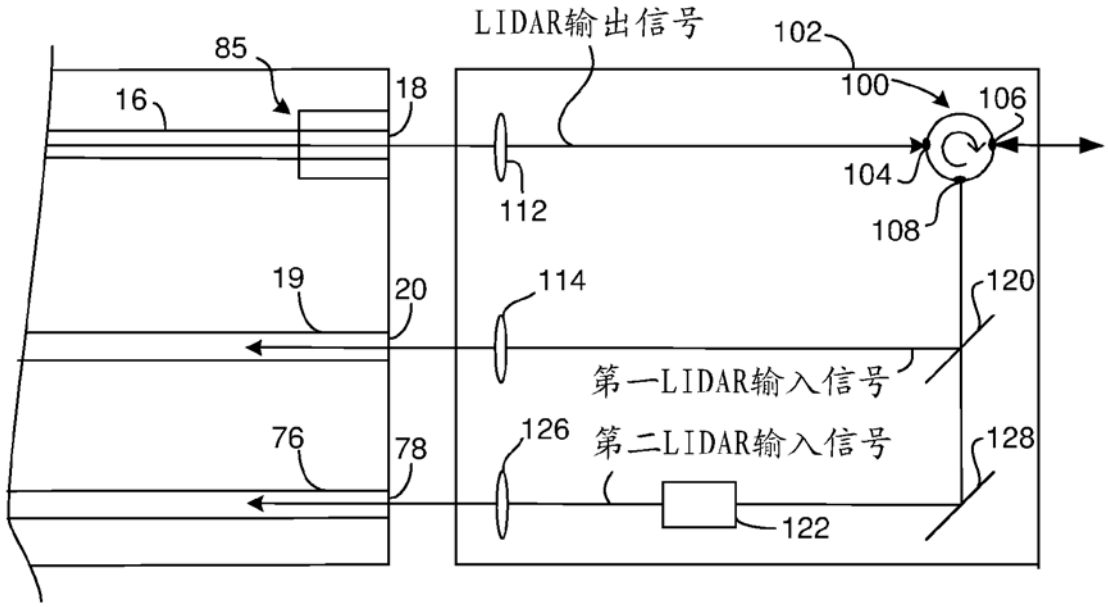

LIDAR输出信号
102
85
16
18
100
106
104
112
108
19
20
114
120
第一LIDAR输入信号
76
78
126
第二LIDAR输入信号
128
122

图 7

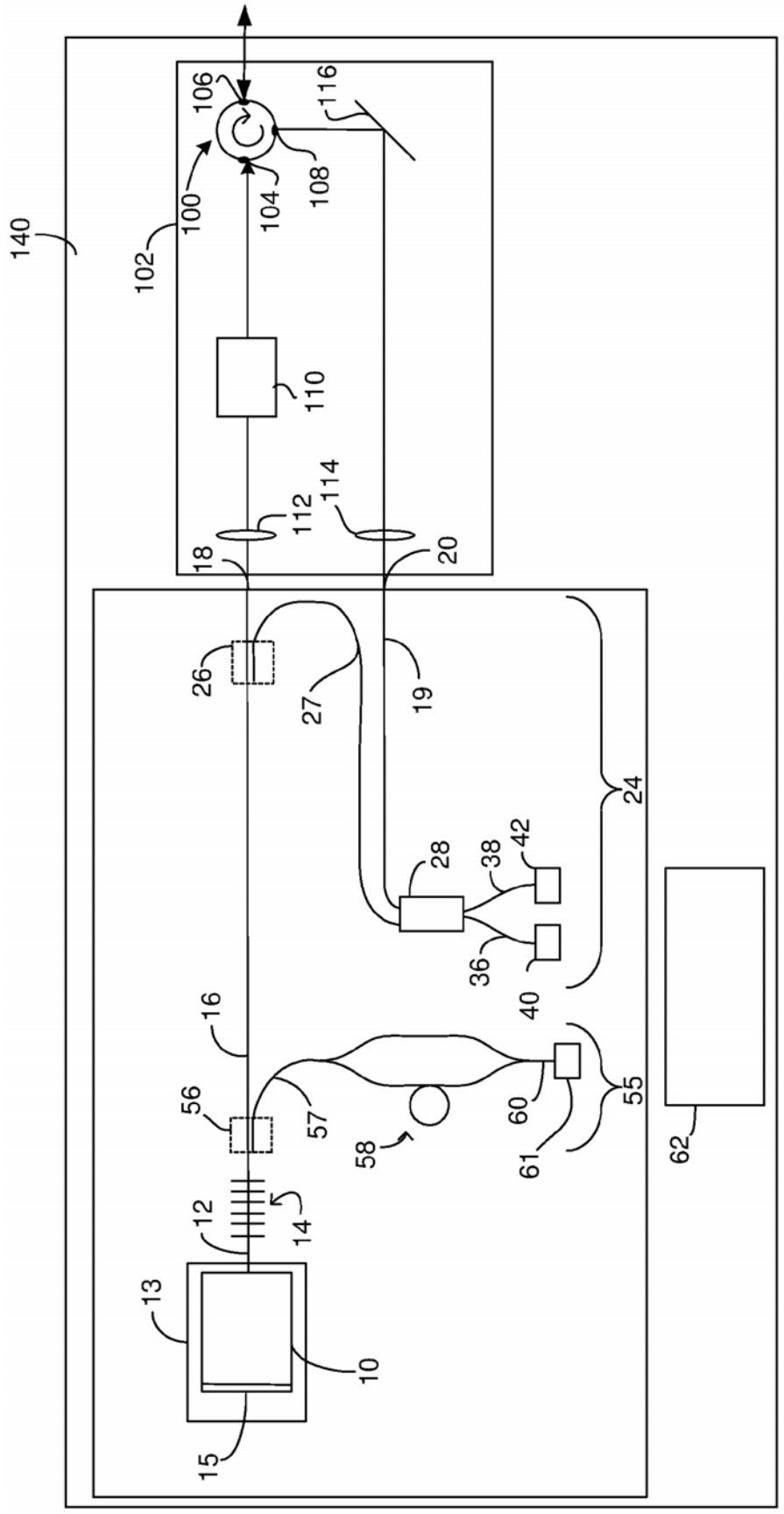

140
102
100
106
116
104
108
110
112
114
18
20
26
27
19
24
28
38
42
36
40
16
56
57
58
60
55
61
62
12
14
13
10
15

图 8